

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(5)

(6) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Int. Cl. 2:

**B 21 B 19/12**

F 28 F 1/26

B 21 C 37/20

**DE 27 58 526 A 1**

(11)

# Offenlegungsschrift

**27 58 526**

(21)

Aktenzeichen:

P 27 58 526.8-14

(22)

Anmeldetag:

28. 12. 77

(23)

Offenlegungstag:

5. 7. 79

(24)

Unionspriorität:

(25) (26) (27)

(31)

Bezeichnung:

Rippenrohr sowie Verfahren und Vorrichtung zu dessen Herstellung

(51)

Zusatz zu:

P 27 58 527.9

(71)

Anmelder:

Wieland-Werke AG, 7900 Ulm

(72)

Erfinder:

Saier, Manfred, Dipl.-Ing., 7913 Wullenstetten; Kästner, Hans-Werner, Ing. (grad.), 7917 Vöhringen; Klöckler, Robert, 7919 Tiefenbach

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

1 A 026 00 12  
DE

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2758528

## P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Rippenrohr für Wärmeübertrager od. dgl. mit auf der Rohraußenseite umlaufenden, T-förmig ausgebildeten Rippen, deren Fuß im wesentlichen radial von der Rohrwandung absteht und deren äußeres Ende sich in Rohrlängsrichtung den benachbarten Rippen nähert,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Rippen (2) durchgehend umlaufen.
2. Rippenrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Rippen (2) in Radialrichtung ausgehend von der Rohrwandung (4) zunimmt und zu den Rippenenden (5) hin abnimmt.
3. Rippenrohr nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuw. bzw. Abnahme kontinuierlich erfolgt.
4. Rippenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen (2) schraubenlinienförmig ein- oder mehrgängig umlaufen.
5. Rippenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen (2) ringförmig umlaufen.

ORIGINAL INSPECTED

909827/0335

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2758526

6. Rippenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens 2 Rippen (2) pro cm angeordnet sind.
7. Rippenrohr nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß 2 bis 20 Rippen (2) pro cm angeordnet sind.
8. Rippenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die obere Spaltbreite (A) mindestens 0,1 mm beträgt.
9. Rippenrohr nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die obere Spaltbreite (A) 0,1 bis 1,0 mm beträgt.
10. Verfahren zur Herstellung eines Rippenrohres nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, bei dem das Rippenmaterial durch Verdrängen von Material aus der Rohrwandung nach außen mittels eines Walzvorgangs gewonnen wird und das Rohr durch die Walzkräfte in Drehung und/oder entsprechend den entstehenden Rippen vorgeschoben wird, wobei die Rippen mit ansteigender Höhe aus dem sonst unverformten Glattrohr ausgeformt werden, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Enden der Rippen (2') nach dem Ausformen durch radialen Druck geglättet werden, so daß die auf einer gedachten, mit der Rohrmittelachse (12) koaxialen Zylinderfläche liegen, daß daraufhin die Enden der Rippen (2") in Umfangsrichtung des Rohres eingerieben werden, seitlich aufgebogen und durch weiteren radialen Druck zur T-Form gestaucht werden.

909827/0335

2758526

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Glättung 5 bis 15 % der ursprünglichen Rippenhöhe beträgt.
12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 10 oder 11, bei der mindestens 2 am Umfang des Rohres gegeneinander versetzt und in einem ortsfesten Walzkopf angeordnete, radial zustellbare Werkzeughalter vorgesehen sind, die jeweils ein aus mehreren Walzscheiben bestehendes, angetriebenes Walzwerkzeug mit schräg zur Rohrachse liegender Achse aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einem Werkzeughalter (9) auf das Walzwerkzeug (7) eine zylindrische Glättrolle (13) folgt, daß in mindestens einem Werkzeughalter (9) eine Kerbrolle (14) angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug (7) wenigstens der Dicke der Glättrolle (13) entspricht, und daß in mindestens einem Werkzeughalter (9) eine Stauchrolle (11) angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug (7) wenigstens der Summe der Dicken von Glättrolle (13) und Kerbrolle (14) entspricht.
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 10 oder 11, bei der mindestens 2 am Umfang des Rohres gegeneinander versetzt und in einem Walzkopf angeordnete, radial zustellbare Werkzeughalter vorgesehen sind, die jeweils ein aus mehreren Walzscheiben bestehendes Walzwerkzeug mit schräg zur Rohrachse liegender Achse aufweisen, wobei der Walzkopf drehbar gelagert und in Umfangsrichtung des Rohres antreibbar ist,

...

909827/0335

dadurch gekennzeichnet,

**2758526**

daß in mindestens einem Werkzeughalter (9) auf das Walzwerkzeug (7) eine zylindrische Glättrolle (13) folgt,  
daß in mindestens einem Werkzeughalter (9) eine Kerbrolle (14) angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug (7) wenigstens der Dicke der Glättrolle (13) entspricht, daß in mindestens einem Werkzeughalter (9) eine Stauchrolle (11) angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug (7) wenigstens der Summe der Dicken von Glättrolle (13) und Kerbrolle (14) entspricht und daß eine Klemmhalterung für das Rohr vorgesehen ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Walzwerkzeug (7) und Glättrolle (13) eine Distanzscheibe (15) angeordnet ist, deren Dicke etwa der halben Rippen teilung entspricht.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der zylindrischen Glättrolle (13), der Kerbrolle (14) und der zylindrischen Stauchrolle (11) etwa der Rippen teilung entspricht.
16. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, 14, 15, dadurch gekennzeichnet, daß 3 um  $120^\circ$  gegeneinander versetzte Werkzeughalter (9) vorgesehen sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Kerbwinkel ( $\alpha$ ) der ersten Kerbrolle (14) zwischen  $60^\circ$  und  $100^\circ$  beträgt.

909827/0335

2758526

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 und 17, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Kerbwinkel ( $\alpha$ ) der zweiten Kerbrolle (14) zwischen  
 $80^\circ$  und  $130^\circ$  beträgt.
19. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16 bis 18, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die dritte Kerbrolle (14) durch eine Glätt-  
rolle ersetzt ist, deren Durchmesser dem Durchmesser der  
ersten Kerbrolle (14) entspricht.
20. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, 14 bis 19, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß zwischen der zylindrischen Glättrolle (13)  
und der Kerbrolle (14) eine Korrekturscheibe (16) angeordnet  
ist.

909827/0335

2758526

Rippenrohr sowie Verfahren und Vorrichtung zu dessen  
Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Rippenrohr für Wärmeübertrager od. dgl. mit auf der Rohraußenseite umlaufenden, T-förmig ausgebildeten Rippen, deren Fuß im wesentlichen radial von der Rohrwandung absteht und deren äußeres Ende sich in Rohrlängsrichtung den benachbarten Rippen nähert.

Ein Rippenrohr der genannten Art nach der DT-OS 1.501.656 weist über den Rippenumfang verteilte, in Rohrlängsrichtung ausgerichtete Einkerbungen der Rippen auf. Abgesehen davon, daß ein solches Rohr Schwierigkeiten bei Lagerung und Transport sowie beim Einbau in die Rohrböden und Stützbleche von Rohrbündelwärmeübertragern mit sich bringt, sind bei Verwendung solcher Rohre in Rohrbündelverdampfern die Spalte weiter oben angeordneter Rohre durch von unten aufgestiegene Blasen besetzt, so daß eine einwandfreie Wärmeübertragung behindert ist. Ferner können aufsteigende Blasen in die weiten Öffnungen der Spalte zwischen benachbarten Einkerbungen eindringen und die Verdampfungsflächen blockieren.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Rippenrohr der genannten Art so auszubilden, daß die mechanischen, handhabungstechnischen und wärmetechnischen Eigenschaften verbessert werden.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Rippen durchgehend umlaufen.

909827/0335

...

Damit ergibt sich ein Rohr mit annähernd glatter Oberfläche, das leicht stapel- und transportierbar ist und sich leichter in die Rohrböden oder sonstigen Fixierungen einschieben lässt; denn die Differenz zwischen dem Außendurchmesser der unberippten Enden und dem Rippendurchmesser ist um ein Vielfaches größer als bei den üblichen Rippenrohren.

Rippenrohre dieser Art haben weiterhin bedeutende Vorteile gegenüber bekannten Rohren:

Die Rippenspitzen, die bei üblichen Rippenrohren teilweise rauh und zum Teil mit Rissen behaftet sind, sind verfestigt und glattgewalzt, d. h. die Rohre sind kerbunempfindlicher, sind also günstiger bei mechanischer Wechselbelastung. Eine Rißfortpflanzung wird verhindert.

Die Wärmeübertragung durch die erfindungsgemäßen Rohre ist bei der Verdampfung wesentlich verbessert, da die Verdampfung der Flüssigkeit überwiegend in den Hohlräumen zwischen den T-förmigen Rippen stattfindet. Die verdampfte Flüssigkeit wird kontinuierlich durch in die Spalte zwischen den Rippen eintretende Flüssigkeit ersetzt. Die Blasenbildung wird nicht unterbrochen, da sich laufend relativ kleine Blasen ablösen können und immer Blasenreste in den

...

2758526

Hohlräumen erhalten bleiben, so daß die zur Bildung neuer Blasen erforderliche Keimbildungsarbeit minimal bleibt (vgl. DT-PS 1.551.542).

Insbesondere bei Verwendung der erfindungsgemäßen Rohre in Rohrbündelverdampfern können die von unten aufgestiegenen, angewachsenen Blasen nicht mehr in Spalte weiter oben angeordneter Rohre eindringen, sie rollen vielmehr an diesen Rohren vorbei, so daß auch diese Rohre mit ihrer gesamten Fläche für die Verdampfung zur Verfügung stehen.

Die Erörterung der wärmetechnischen Vorteile im einzelnen erfolgt anhand eines weiter unten beschriebenen Ausführungsbeispiels.

Die T-Rippenform als solche ist zwar auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik bekannt. So ist eine Elektronenröhre nach der US-PS 3.299.949 zur Kühlung mit durchgehenden, T-förmigen Längsrippen versehen. Die Röhren müssen dabei jedoch senkrecht angeordnet sein, um den sogenannten "Thermosyphon-Effekt" ausnutzen zu können. Eine Übertragung dieses Prinzips beispielsweise auf Rohrbündelverdampfer ist nicht möglich, da bei diesen Verdampfern die Rohre waagerecht angeordnet sein müssen.

Nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung nimmt der Abstand zwischen den Rippen in Radialrichtung ausgehend von der Rohrwandung zu und zu den Rippenenden hin ab. Die Zu- bzw. Abnahme erfolgt vorzugsweise kontinuierlich.

909827/0335

2758526

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung laufen die Rippen schraubenlinienförmig ein- oder mehrgängig oder ringförmig um. Zur Erzielung guter Wärmeübertragungseigenschaften empfiehlt es sich, 2 Rippen pro cm, vorzugsweise 2 bis 20 Rippen pro cm, anzuordnen, wobei die obere Spaltbreite mindestens 0,1 mm, vorzugsweise 0,1 bis 1,0 mm betragen sollte.

Gegenstand der Erfindung ist weiterhin ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen T-Rippenrohres.

Das Verfahren geht dabei aus von dem üblichen Walzverfahren etwa nach der US-PS 3.327.512, bei dem das Rippenmaterial durch Verdrängen von Material aus der Rohrwandung nach außen mittels eines Walzvorgangs gewonnen wird und das Rohr durch die Walzkräfte in Drehung versetzt und/oder entsprechend den entstehenden Rippen vorgeschoben wird, wobei die Rippen mit ansteigender Höhe aus dem sonst unverformten Glattrohr ausgeformt werden.

Die Formulierung "und/oder" bezieht sich darauf, ob sich das Rohr bei der axialen Vorschubbewegung gleichzeitig drehen soll oder nicht.

Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Enden der Rippen nach dem Ausformen durch radialen Druck geglättet werden, so daß sie auf einer gedachten, mit der Rohrmittealachse koaxialen Zylinderfläche liegen, daß daraufhin die Enden der Rippen in Umfangsrichtung des Rohres eingekerbt, seitlich aufgebogen und durch weiteren radialen Druck zur T-Form gestaucht werden.

909827/0335

2758526

In diesem Fall wird also über die Zwischenstufe eines Rohres mit etwa Y-förmigen Rippen ein T-Rippenrohr erzielt.

Die Glättung ist hierbei erforderlich, um die Rippen für den Kerbvorgang vorzubereiten. Eine Glättung von 5 bis 15 % der ursprünglichen Rippenhöhe wird dabei bevorzugt.

Die Stauchung bewirkt eine Art Richtvorgang, so daß die Rohre auffallend gerade werden. Eine bekannte Verletzungsgefahr durch scharfe und rauhe Rippenspitzen bei Arbeiten mit und an solchen Rohren wird dadurch weitestgehend unterdrückt.

Bekannterweise wird die Innenoberfläche bei gewalzten Rippenrohren mit abnehmender Rohrwandstärke wellig. Diese Welligkeit, verursacht durch den radialen Werkstofffluß beim Auswalzen der Rippen, wird durch den Stauchvorgang rückgängig gemacht. Man erreicht dadurch eine wesentlich strömungsverlustärmere Innenoberfläche.

Durch die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte wird eine zu starke Umformung des Rippenfußes vermieden, so daß zwischen den Rippen gleichmäßige Hohlräume erhalten werden, wobei die Hohlräume, insbesondere die Spaltbreiten, definiert und kontinuierlich veränderbar sind.

Die Ausbildung einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist davon abhängig, ob sich das Rohr bei ortsfestem Walzkopf oder ob sich der Walzkopf bei lediglich axial verschiebbarem Rohr drehen soll.

909827/0335

2758528

Entsprechend der US-PS 3.327.512 wird bei sich drehendem Rohr von einer Vorrichtung ausgegangen, bei der mindestens zwei am Umfang des Rohres gegeneinander versetzt und in einem ortsfesten Walzkopf angeordnete, radial justierbare Werkzeughalter vorgesehen sind, die jeweils ein aus mehreren Walzscheiben bestehendes, angetriebenes Walzwerkzeug mit schräg zur Rohrachse liegender Achse aufweisen.

Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einem Werkzeughalter auf das Walzwerkzeug eine zylindrische Glättrolle folgt, daß in mindestens einem Werkzeughalter eine Kerbrölle angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug wenigstens der Dicke der Glättrolle entspricht, und daß in mindestens einem Werkzeughalter eine Stauchrolle angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug wenigstens der Summe der Dicken von Glättrolle und Kerbrölle entspricht.

Bei sich drehendem Walzkopf wird von einer Vorrichtung ausgegangen, bei der mindestens zwei am Umfang des Rohres gegeneinander versetzt und in einem Walzkopf angeordnete, radial justierbare Werkzeughalter vorgesehen sind, die jeweils ein aus mehreren Walzscheiben bestehendes Walzwerkzeug mit schräg zur Rohrachse liegender Achse aufweisen, wobei der drehbar gelagerte Walzkopf in Umfangrichtung des Rohres antreibbar ist.

Diese Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einem Werkzeughalter auf das Walzwerkzeug eine zylindrische Glättrolle folgt,

909827/0335

2758526

daß in mindestens einem Werkzeughalter eine Kerbrolle angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug wenigstens der Dicke der Glättrolle entspricht, daß in mindestens einem Werkzeughalter eine Stauchrolle angeordnet ist, deren Abstand von dem Walzwerkzeug wenigstens der Summe der Dicken von Glättrolle und Kerbrolle entspricht und daß eine Klemmhalterung für das Rohr vorgesehen ist.

Die Klemmhalterung vollzieht dabei die Vorschubbewegung des Rohres mit, wobei sie entweder vom auslaufenden Rohr nachgeschleppt oder von einem eigenen Antrieb bewegt wird.

Damit jeweils die Rippenmitte sicher von der Kerbrolle getroffen wird, ist in vorteilhafter Weise zwischen Walzwerkzeug und Glättrolle eine Distanzscheibe angeordnet, deren Dicke etwa der halben Rippenteilung entspricht (Rippenteilung = Abstand von Rippe zu Rippe). Dabei haben vorzugsweise die Glättrolle, die Kerbrolle und die zylindrische Stauchrolle eine Dicke, die etwa der Rippenteilung entspricht.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind drei um  $120^\circ$  gegeneinander versetzte Werkzeughalter vorgesehen.

Dabei ist es zur günstigen Ausbildung der Y-förmigen Rippe empfehlenswert, wenn - in Drehrichtung des Rohres gesehen - die erste Kerbrolle einen Kerbwinkel zwischen  $60^\circ$  und  $100^\circ$  und die zweite Kerbrolle einen Kerbwinkel zwischen  $80^\circ$  und  $130^\circ$  aufweist. Die dritte Kerbrolle ist zur Ausbildung der Y-förmigen Rippen nicht weiter erforderlich, sie kann durch eine Glättrolle ersetzt werden, deren Durchmesser dem Durchmesser der ersten Kerbrolle entspricht.

909827/0335

2758526

Damit die Kerbrolle jeweils mittig auf die geglätteten Rippen trifft, ist bevorzugt zwischen zylindrischer Glättrolle und Kerbrolle eine Korrekturscheibe angeordnet.

Die Erfindung wird anhand der folgenden Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein erfindungsgemäßes T-Rippenrohr im Längsschnitt,

Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Rippenrohr im Teilschnitt,

Fig. 3 eine Vorrichtung zur Herstellung eines T-Rippenrohrs über ein Y-Rippenrohr,

Fig. 4 die schematische Anordnung der Werkzeughalter bei einer Vorrichtung nach Fig. 3,

Fig. 5 die Ausbildung der Rippenformen bei einer Vorrichtung nach Fig. 3 und 4,

Fig. 6 die Verdampfungsleistung als Funktion des Wasserdurchsatzes bei einem Standard-Rippenrohr (Rippenteilung:

1,35 mm; Rippendurchmesser: 18,9 mm; Rippenhöhe: 1,5 mm; Innendurchmesser: 14,1 mm) und bei einem entsprechenden erfindungsgemäßen T-Rippenrohr,

Fig. 7 das daraus resultierende Leistungsverhältnis der beiden Rohre und

Fig. 8 die Wärmestromdichte als Funktion verschiedener Spaltbreiten des T-Rippenrohrs.

Die Fig. 1 bzw. 2 zeigen ein erfindungsgemäßes Rippenrohr 1 im Längsschnitt bzw. im Teilschnitt. Die T-förmigen Rippen 2 laufen

909827/0335

2758526

schraubenlinienförmig um. Der Fuß 3 der Rippen 2 steht also radial von der Rohrwandung 4 ab, während die Rippenenden 5 jeweils so zur T-Form gestaucht sind, daß verengte Spalte 6 gebildet sind (vgl. die obere Spaltbreite A in Fig. 2). Der Abstand zwischen den Rippen 2 ändert sich kontinuierlich, so daß zwischen den Rippen 2 im wesentlichen abgerundete Hohlräume vorhanden sind.

Die Vorrichtung nach Fig. 3 zur Herstellung eines T-Rippenrohres 1 über ein Y-Rippenrohr läßt sich bei drehendem Rohr oder bei drehendem Walzkopf verwenden.

909827/0335

Im folgenden wird die Funktionsweise bei sich drehendem Rohr erläutert:

Bei der Vorrichtung nach Fig. 3 sind jeweils ein Walzwerkzeug 7, eine zylindrische Glättrolle 13, eine Kerbrolle 14 und eine zylindrische Stauchrolle 11 in einem Werkzeughalter 9 integriert (hier ist nur ein Werkzeughalter 9 dargestellt). Entsprechend Fig. 4 sind zwei weitere Werkzeughalter 9 jeweils um  $120^\circ$  gegeneinander versetzt am Umfang des Rohres 1 angeordnet. Die Werkzeughalter 9 sind radial justierbar. Es können beispielsweise auch vier oder sechs Werkzeughalter 9 benutzt werden. Die Werkzeughalter 9 ihrerseits sind in einem ortsfesten (nicht dargestellten) Walzkopf angeordnet.

Das in Pfeilrichtung einlaufende Glattrohr 1' wird durch die am Umfang des Rohres 1' angeordneten, angetriebenen Walzwerkzeuge 7 in Drehung versetzt, deren Achse schräg zur Rohrachse verläuft. Die Pfeilrichtung nach Fig. 4 deutet die Drehrichtung des Rohres 1' an.

Die Walzwerkzeuge 7 bestehen in an sich bekannter Weise aus nebeneinander angeordneten Walzscheiben 8.

Die zentralisch angeordneten Walzwerkzeuge 7 formen in bekannter Weise die Rippen 2' aus der mittels einer Dornstange 10 unterstützten Rohrwandung 4. Dabei findet zunächst in einem vorderen Bereich (Einzugsbereich) eine Durchmesserreduktion statt. In einem mittleren Bereich (Fertigwalzbereich) erfolgt das Auswalzen der spiralförmig umlaufenden Rippen 2'.

2758526

zunehmendem Durchmesser, der einige Zehntel mm über dem Durchmesser der Glättrolle 13 liegt. In dem mit III bezeichneten Werkzeughalter 9 ist statt dessen eine Glättrolle vorgesehen. Der Kerbwinkel  $\alpha$  der ersten Kerbrolle 14 beträgt  $90^\circ$ , der Kerbwinkel  $\alpha$  der zweiten Kerbrolle 14 beträgt  $120^\circ$ .

Damit die Kerbrolle 14 in die durch die Glättrolle 13 geglätteten Rippen mittig einkerbren kann, sind im vorliegenden Fall zwischen Glättrolle 13 und Kerbrolle 14 jeweils Korrekturscheiben 16 von wenigen Zehnteln mm Dicke vorgesehen.

Auf die Kerbrolle 14 folgt jeweils ohne Korrekturscheiben die eigentliche Stauchrolle 11, deren Durchmesser dem Durchmesser der letzten Kerbrolle 14 entspricht und die eine Dicke von 1,3 mm aufweist.

Das Material der Walzscheiben 8, der Glättrolle 13, der Kerbrolle 14 und der Stauchrolle 11 ist ein hochlegierter Werkzeugstahl.

Die radial zustellbaren Walzwerkzeuge 7 werden mit einer Anfangsdrehzahl von 150 - 400 Umdrehungen pro Minute und mit einer um den Faktor 3 bis 4 höheren Enddrehzahl angetrieben.

Um die Spaltbreite A des T-Rippenrohres 1 zu variieren, kann bei gewählter, radialer Zustellung der Werkzeughalter 9 entweder der Durchmesser und/oder der Kerbwinkel  $\alpha$  der Kerbrolle 14 verändert werden.

909827/0335

COPY

2758526

Durch die Glättrolle 13 wird eine Glättung der Enden der Rippen 2' erzielt, so daß die auf einer gedachten, mit der Rohrmittelachse 12 koaxialen Zylinderfläche liegen. Die nachgeschaltete Kerbrolle 14 kerbt die Rippen 2" in Umfangsrichtung des Rohres 1 ein und biegt sie gleichzeitig seitlich auf, so daß Y-Rippen 2''' resultieren, die durch Stauchrollen 11 in radialer Richtung zu T-förmigen Rippen 2 gestaucht werden (vgl. Fig. 5).

Die folgenden Maßangaben beziehen sich auf die Verarbeitung eines Glattrohres mit 19 mm Außendurchmesser und 1,45 mm Wanddicke.

Durch bis zu 25 hintereinander angeordnete Walzscheiben 8 (aus Platzgründen sind nur 10 dargestellt) werden Rippen 2' herausgeformt. Der Durchmesser der Walzscheiben 8 beträgt ca. 50 mm und steigt in Pfeilrichtung an. Entsprechend der gewünschten Rippenteilung von 1,35 mm sind die Walzscheiben 1,3 mm dick. Mit zunehmendem Durchmesser der Walzscheiben 8 wird der Spitzradius größer und der Flankenwinkel kleiner.

Zwischen der letzten Walzscheibe und der zylindrischen Glättrolle 13 ist jeweils eine Distanzscheibe 15 von 0,7 mm Dicke angeordnet. Dabei entspricht die Dicke der Distanzscheibe 15 in etwa der halben Rippenteilung von 1,35 mm. Die Glättrolle 13 selbst hat einen Durchmesser, der dem Durchmesser der ersten Walzscheibe entspricht, und eine Dicke von 1,3 mm.

Nach der Glättrolle 13 folgt jeweils eine Kerbrolle 14 (Dicke ebenfalls 1,3 mm). Entsprechend der Anordnung nach Fig. 4 haben die Kerbrollen 14 in den mit I bzw. II bezeichneten Werkzeughaltern 9 einen

2758526

Ausgehend von einem Glattrohr aus SF-Cu mit 19 mm Außendurchmesser und 1,45 mm Wanddicke wurde allein mit den Walzwerkzeugen 7 der Vorrichtung nach Fig. 3/4 ein Standard-Rippenrohr (mit einer Rippenteilung von 1,35 mm, einer Rippenhöhe von 1,5 mm und einem Innendurchmesser von 14 mm) sowie mit einer Vorrichtung entsprechend Fig. 3/4 ein T-Rippenrohr mit den Abmessungen nach der folgenden Tabelle hergestellt:

Tabelle 1

	Standard-Rippenrohr	T-Rippenrohr
Rippenteilung	mm	1,35
Rippen je Zoll		19
Rippen je m		740
Rippendurchmesser a	mm	18,9
Kernrohrdurchmesser	mm	15,9
Innendurchmesser	mm	14,1
Rippenhöhe	mm	1,5
Spaltbreite A	mm	~1,0
berippte Länge	mm	1975
Außendurchmesser des unberippten Endes b	mm	19,2 - 0,2
b - a	mm	0,3 - 0,2
		1,1 - 0,2

Meßbedingungen

Kältemittel		R12
Verdampfungstemp.	°C	2,0
mittl. log. Temperaturabstand	K	8,1

909827/0335

2758526

Beide Rohre wurden im überfluteten Verdampferbetrieb (also Wasser im Rohr, Kältemittel außen) als Einzelrohr vermessen. Die Meßbedingungen sind ebenfalls in der Tabellelaufgeführt. Die Messungen wurden dabei so vorgenommen, daß bei konstanter Verdampfungstemperatur der logarithmische Temperaturabstand konstant gehalten wurde.

In Fig. 6 ist die Verdampfungsleistung  $\dot{Q}$  [W] als Funktion des Wasserdurchsatzes  $\dot{V}_w$  [ $l/h$ ] bzw. der Wassergeschwindigkeit  $w_w$  [ $m/s$ ], in Fig. 7 entsprechend das daraus resultierende Leistungsverhältnis  $\dot{Q}_T$ -Rippenrohr/ $\dot{Q}$  Standard-Rippenrohr aufgetragen.

Daraus läßt sich direkt die Leistungsverbesserung des T-Rippenrohres gegenüber einem Standard-Rippenrohr für den technisch interessanten Bereich der Wassergeschwindigkeit von 1,5 bis 2,5 [ $m/s$ ] entnehmen:

Tabelle 2

$w_w$ [ $m/s$ ]	1,5	2,0	2,5
Leistungsverbesserung (%)	14	21,5	34

In folgenden Vergleichen zum Standard-Rippenrohr ergibt sich damit für das T-Rippenrohr:

Tabelle 3

Wassergeschwindigkeit im Rohr

m/s	1,5	2,0	2,5
%	114	122	134
%	100	100	100

Vergleich 1

bei gleichen Rohrlängen und gleichen Wassergeschwindigkeiten:

Leistung

wasserseitiger Druckabfall

909827/0335

...

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2758526

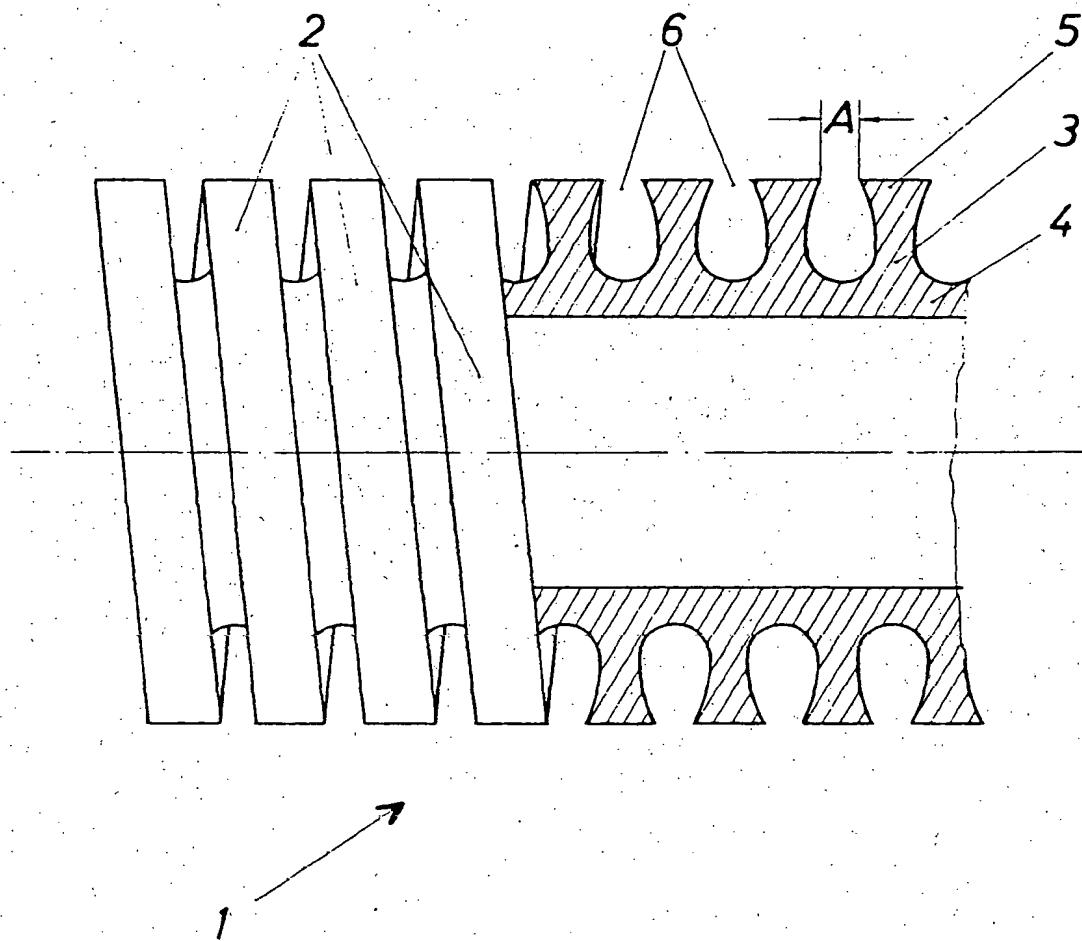


Fig. 2

909827/0335

2758526

Wassergeschwindigkeit im Rohr

m/s	1,5	2,0	2,5
Rohrlänge	88	82	75
wasserseitiger Druckabfall	88	82	75
Wassergeschwindigkeit	107	114	120
Rohrlänge	86	77	71

Vergleich 2

bei gleichen Leistungen und gleichen Wassergeschwindigkeiten:

Rohrlänge

wasserseitiger Druckabfall

Vergleich 3

bei gleichen Leistungen und gleichen wasserseitigen Druckabfällen:

Wassergeschwindigkeit

Rohrlänge

Der Vorteil der T-Rippenröhre auf dem Leistungssektor liegt also darin, daß

- Rohrbündelapparate mit gleicher Konstruktion wie bisher (Rohrzahl, Rohrlänge, Manteldurchmesser) bei gleichem wasserseitigen Druckabfall (gleiche Pumpen) höhere Leistungen bringen (Vergleich 1)
- Apparate kürzer gebaut werden können als bisher und der wasserseitige Druckabfall kleiner gehalten werden kann (Vergleich 2)
- bei Neukonstruktion (andere Rohrzahl, Rohrlänge, Paßzahl) die Kosten für die Berohrung minimiert werden können (Vergleich 3). Hierbei ist zu beachten, daß sich neben den Rohrkosten auch die von der Rohrzahl abhängigen Einbaukosten reduzieren lassen.

909827/0335

COPY

275826

Die T-Rippenrohre lassen sich auch wesentlich leichter in die Rohrbündelapparate einbauen, da beispielsweise aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, daß die Differenz zwischen dem Außendurchmesser b der unberippten Enden und dem Rippendurchmesser a um den Faktor 4 bis 6 größer ist als beim Standard-Rippenrohr.

In Fig. 8 ist die Wärmestromdichte als Funktion verschiedener Spaltbreiten A des T-Rippenrohres aufgetragen. Die optimale Spaltbreite A liegt bei etwa 0,2 mm. Die Kurve ist unterhalb des Maximums bei etwa 0,2 mm gestrichelt gezeichnet, da bei kleineren Spaltbreiten A die Wärmeübertragung stark zurückgeht.

COPY

1900

909827 / 0335

Nummer:  
Int. Cl. 2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

27 58 526  
B 21 B 19/12  
28. Dezember 1977  
5. Juli 1979

- 29 -

2758526

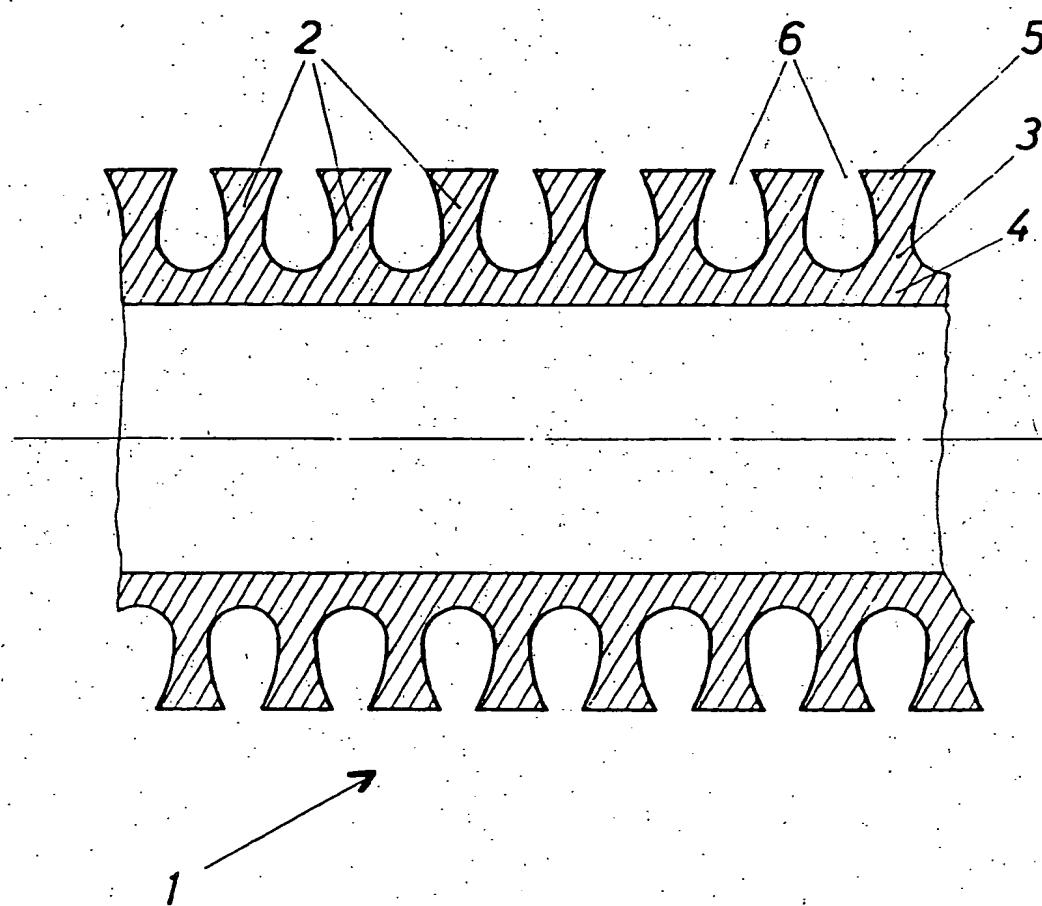


Fig. 1

909827/0335

2758526

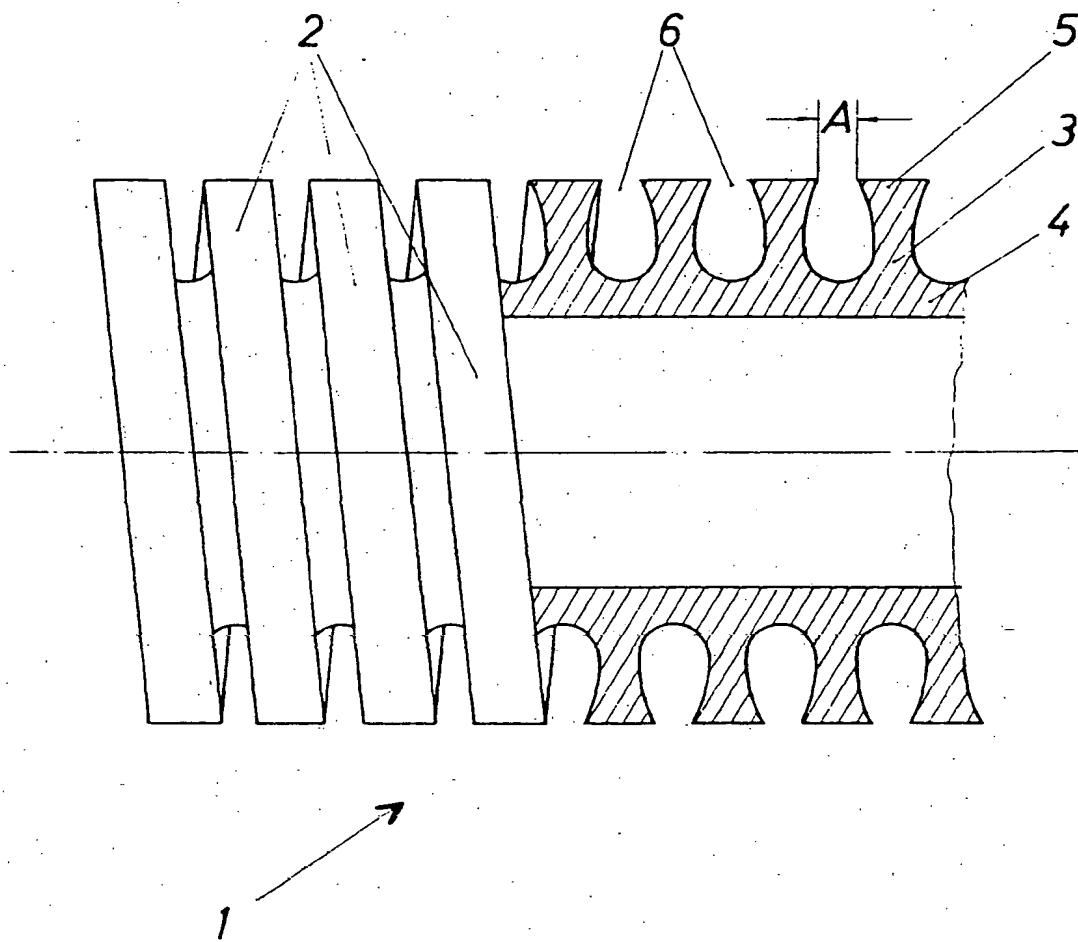


Fig. 2

909827/0335

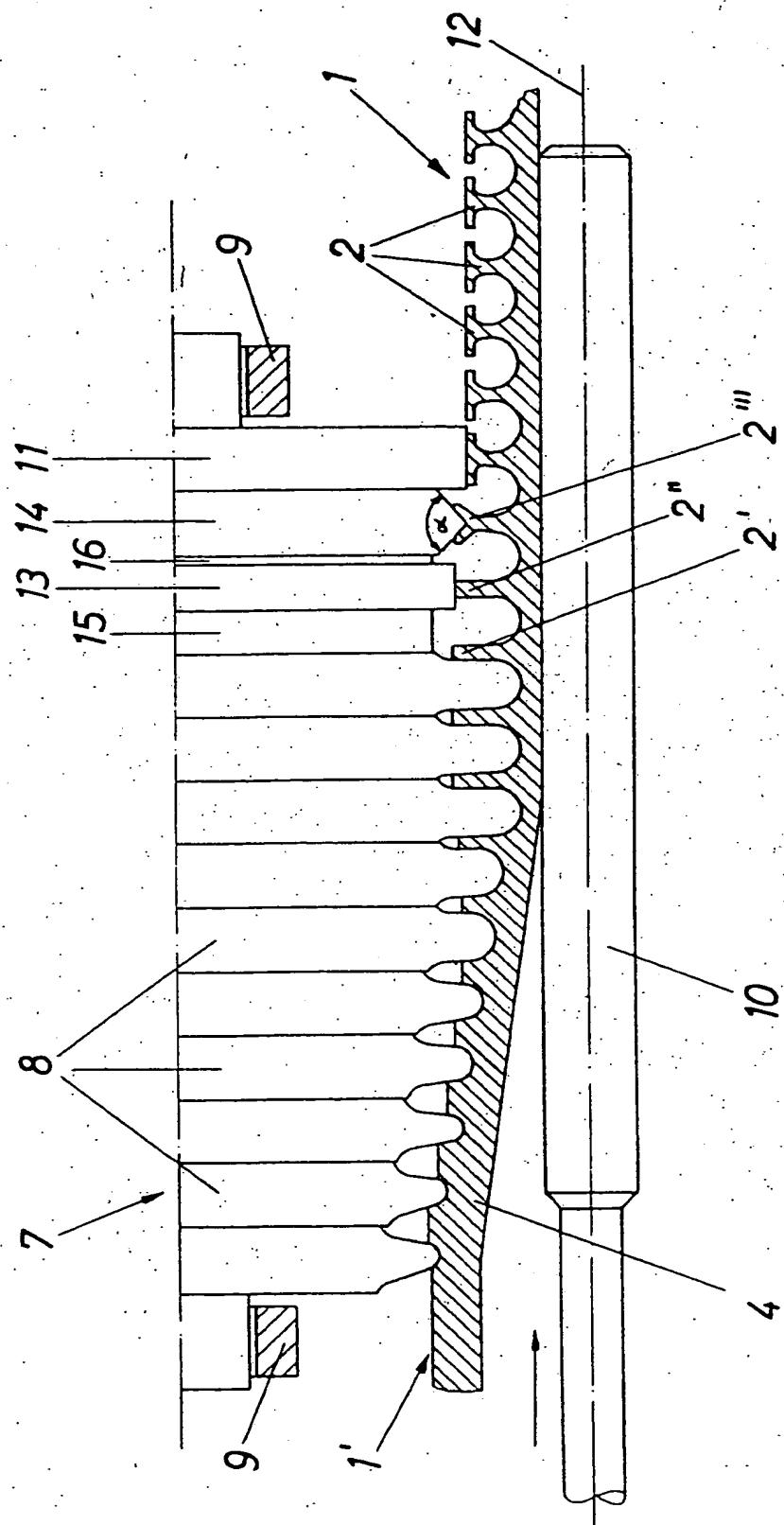


Fig. 3

909827/0335

2758526

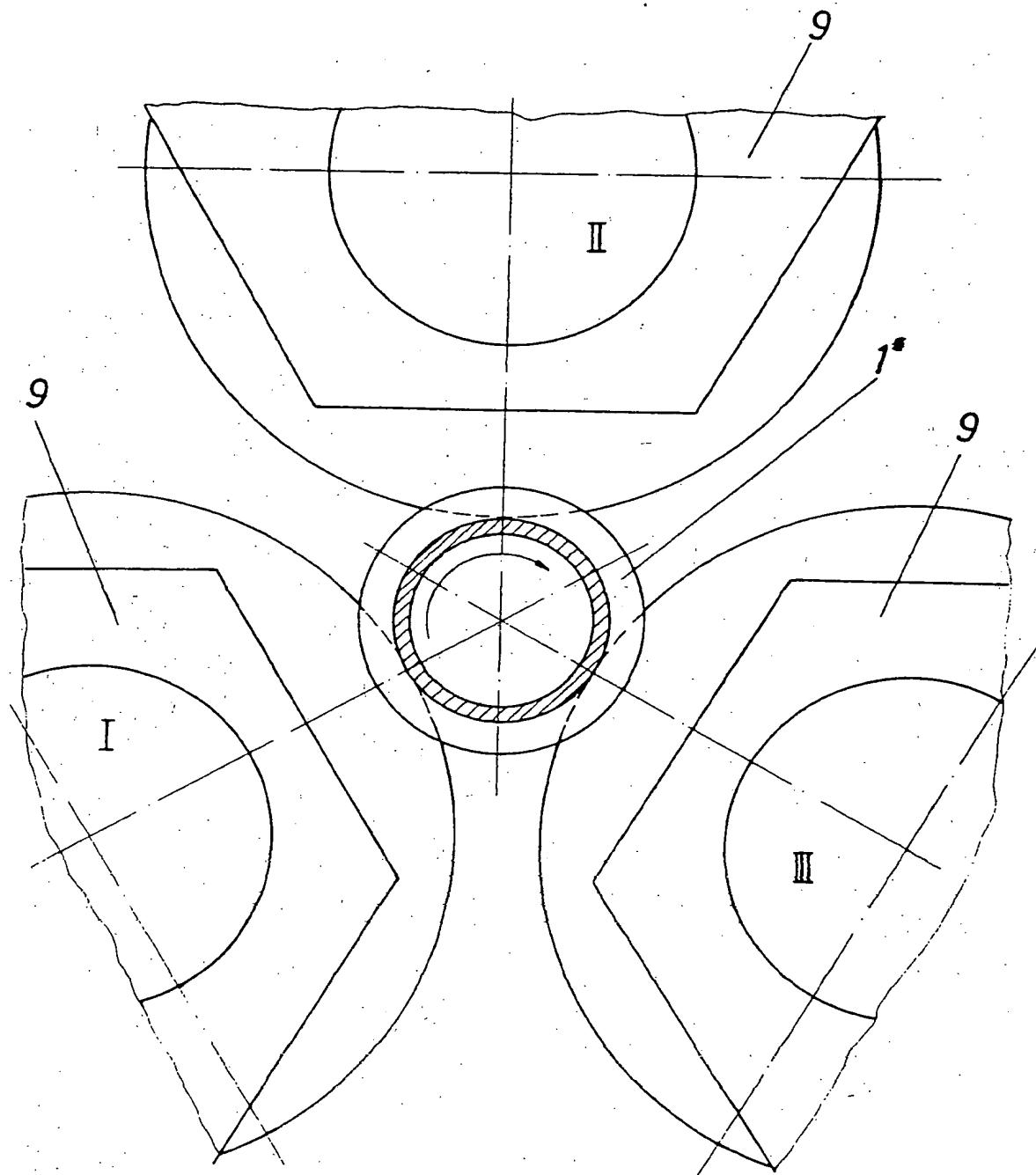


Fig. 4

909827/0335

2758526

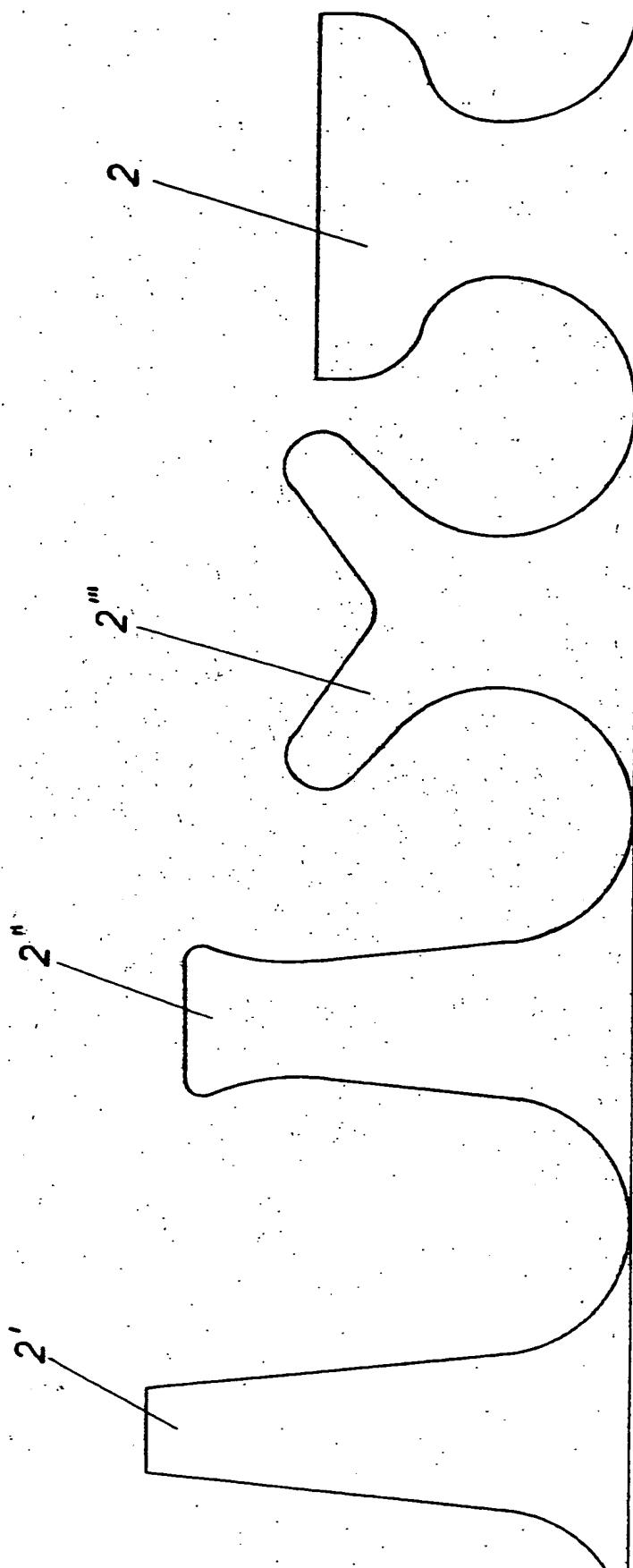


Fig. 5

909827/0335

2758526

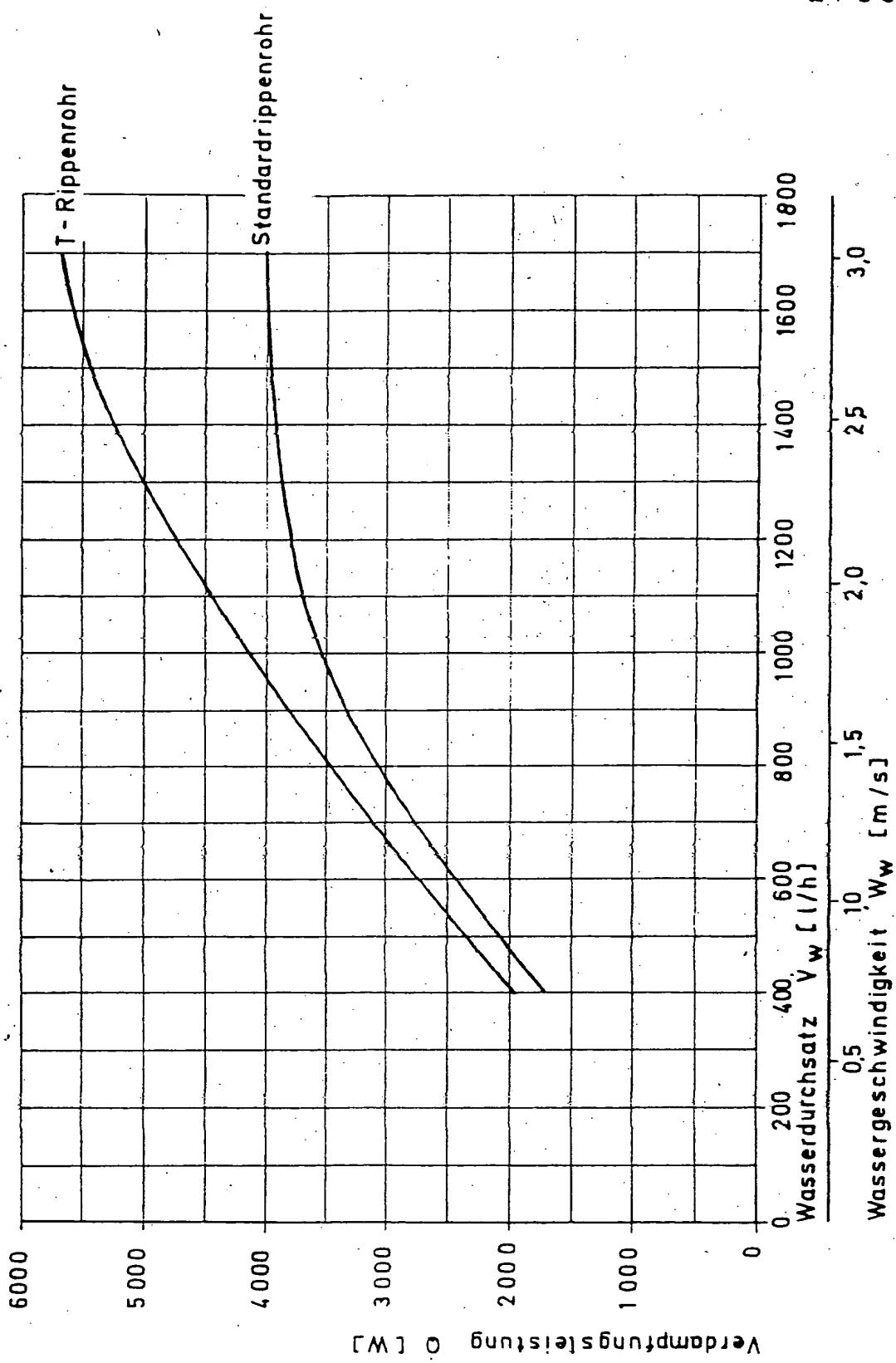
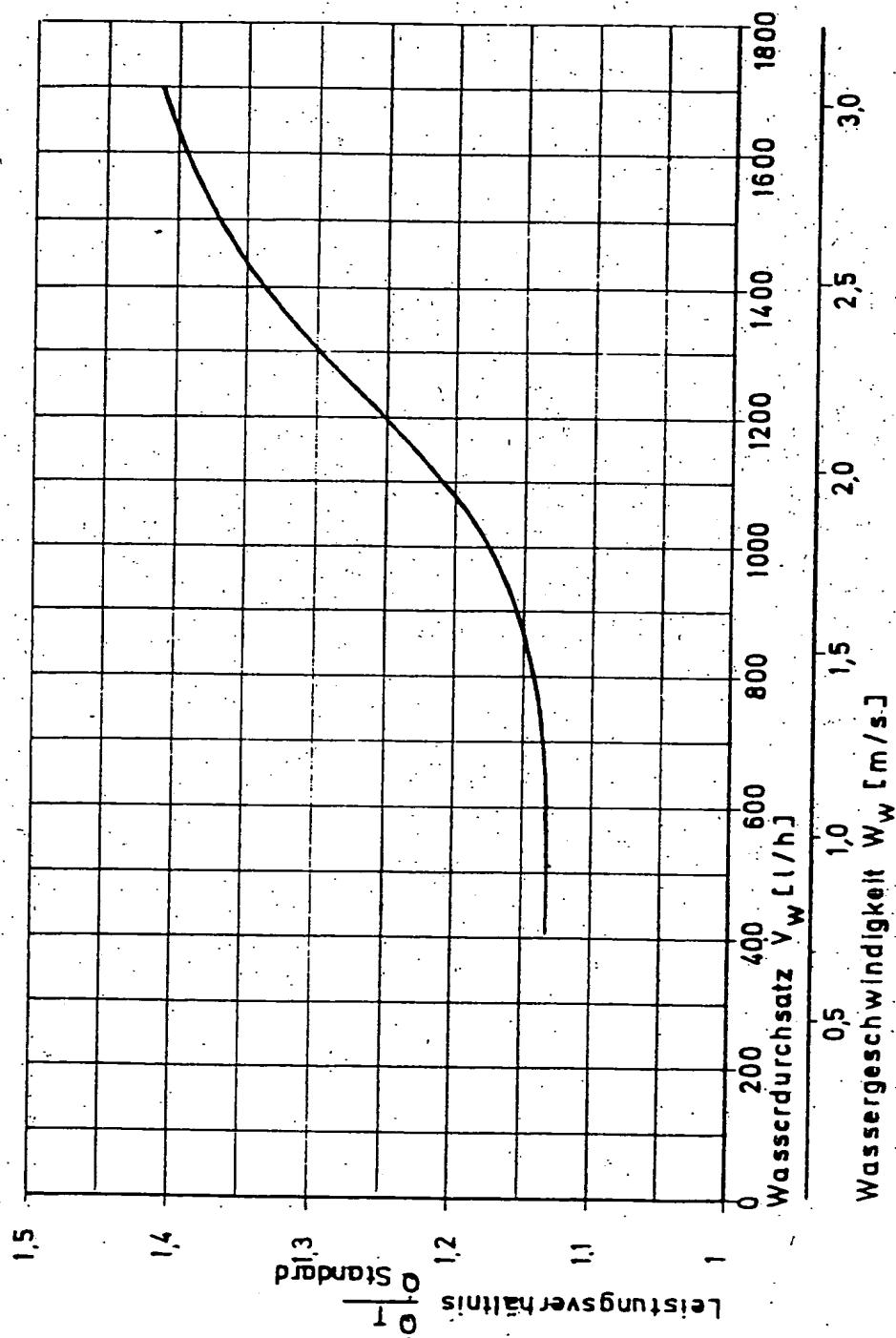


Fig. 6

Verdampfung Leistung  $Q$  [W]

909827 / 0335

2758526



909827/0335

2758526

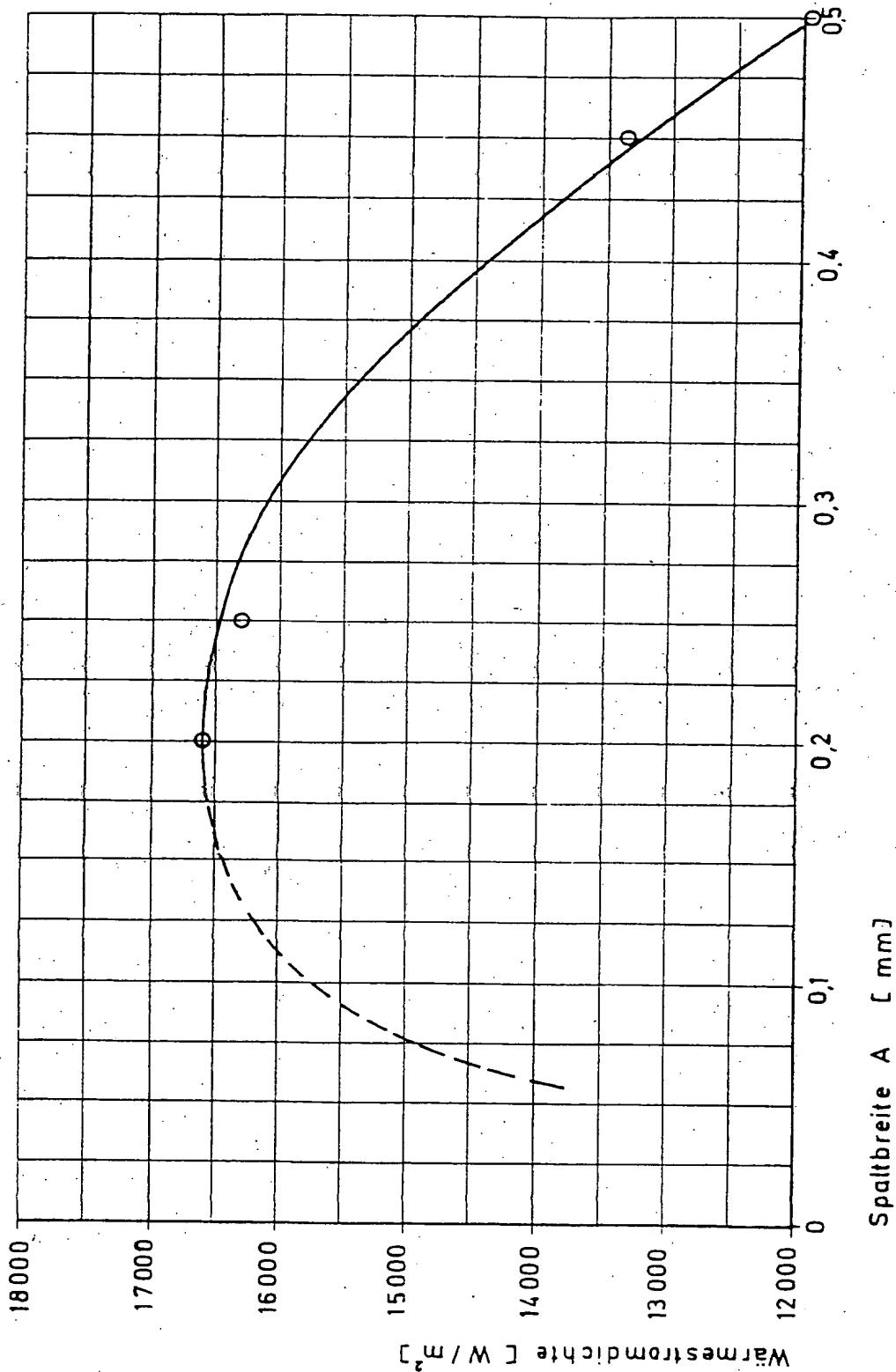


Fig. 8

909827/0335